FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1963

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

1156

PAR

GAUTHIER André

Externe des Hôpitaux de Paris

né le 17 septembre 1932 à St Maur (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le : 1963

A PROPOS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE URBAINE

NECESSITE DE REPOUSSER LES CENTRALES THERMIQUES LOIN DES VILLES

Président : Mr. BOYER, Professeur

EDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE - PARIS-V

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNEE 1963 n°

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ETAT

PAR

GAUTHIER André

Externe des Hôpitaux de Paris

né le 17 septembre 1932 à St Maur (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le :

A PROPOS DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE URBAINE

NECESSITE DE REPOUSSER LES CENTRALES THERMIQUES LOIN DES VILLES

Président : Mr. BOYER, Professeur

EDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE - PARIS-V

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

B. UNIV.
BIBLIOTHEEK
J. ZIDEN

1-2-1963

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Alajouanine (T.), Aubin (A.), Bénard (H.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Chabrol (E.), Debré (R.), Fey (B.), Galliard (H.), Gastinel (P.), Halphen (E.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Lantuejoul (P.), Laroche (G.), Lavier (G.), Lévy-Solal (E.), Lian (C.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Monod (R.), Moreau (R.), Moulonguet (P.), Mouquin (M.), Olivier (E.), Pasteur Valléry-Radot, Petit-Dutaillis (D.), Piédelièvre (R.), Quénu (J.), Richet (C.), Senèque (J.), Strohl (A.), Tanon (L.), Verne (J.).

DOYEN . . . . . Léon BINET.
Membre de l'Institut

1er ASSESSEUR . . . . . Gaston CORDIER
2e ASSESSEUR . . . . . Paul CASTAIGNE

I. — PROFESSEURS

1° CHAIRES DE SCIENCES FONDAMENTALES

a) **Professeurs titulaires :**

	MM.
Anatomie	DELMAS (A.)
Anatomie pathologique	DELARUE (J.)
Anesthésiologie	BAUMANN (J.)
Biochimie médicale	JAYLE (M.-F.) SCHAPIRA (G.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports	CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale	FAUVERT (R.)
Cancérologie médicale et sociale	BERNARD (J.)
Embryologie	TUCHMANN (H.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie (Lariboisière)	JOANNON (P.)
Histologie	GIROUD (A.)
Hygiène et médecine préventive	BOYER (J.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	DEROBERT (L.)
Microbiologie (Bactériologie et virologie)	FASQUELLE (R.)
Parasitologie	BRUMPT (L.-C.)
Pathologie chirurgicale	LAURENCE (G.)
Pathologie exotique	N...
Pathologie expérimentale et comparée	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	N...
Pathologie respiratoire	TURIAF (J.)
Pathologie et thérapeutique générales	BOUDIN (G.)
Pharmacologie	CHEYMOL (J.)
Physiologie	BINET (L.) BARGETON (D.)
Physiologie et pathologie obstétricale	LEPAGE (F.)
Physique médicale	DOGNON (A.) DJOURNO (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale et Chirurgie expérimentale	CAUCHOIX (J.)
Thérapeutique	CONTE (M.)
Thérapeutique appliquée	LAMOTTE (M.)

b) **Professeurs à titre personnel :**

Biochimie médicale	DESGREZ (P.) POLONOVSKI (J.)
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.)
Hygiène et médecine préventive	DEPARIS (M.)
Pharmacologie	LÉVY (Mlle J.)
Physiologie	PARROT (J.)
Physique médicale	KELLERSHOHN (L.)

2° CHAIRES DE SCIENCES CLINIQUES

a) Professeurs titulaires :

		MM.
Clinique carcinologique chirurgicale (Necker)		REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)		SOULIÉ (P.)
Cliniques chirurgicales	Beaujon	LORTAT-JACOB (J.-L.)
	Cochin	LEGER (L.)
	Cochin	ABOULKER (P.)
	Hôtel-Dieu	PATEL (J.)
	Pitié	CORDIER (G.)
	Saint-Antoine	GOSSET (J.)
	Salpêtrière	SICARD (A.)
	Tenon	OLIVIER (Cl.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)		FÈVRE (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique (Cochin)		MERLE d'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)		GAUDART d'ALLAINES (F. de)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire (Laennec)		MATHEY (J.)
Clinique endocrinologique (Pitié)		DECOURT (J.)
Clinique de Génétique médicale (Enfants-Malades)		LAMY (M.)
Clinique gynécologique (Broca)		HUGUIER (J.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (Saint-Louis)		DEGOS (R.)
Clinique des maladies des Enfants (Enfants-Malades)		CATHALA (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)		MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Sainte-Anne)		DELAY (J.)
Clinique des maladies métaboliques (Necker)		HAMBURGER (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)		MARCHAL (G.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpêtrière)		CASTAIGNE (P.)
Cliniques médicales	Boucicaut	MILLIEZ (P.)
	Broussais	LENÈGRE (J.)
	Cochin	JUSTIN-BESANÇON (L.)
	Cochin	BROUET (G.)
	Hôtel-Dieu	BARIÉTY (M.)
	Lariboisière	SÈZE (S. de)
	Pitié	DREYFUS (G.)
	Saint-Antoine	KOURILSKY (R.)
Clinique d'hydrologie et de climatologie (Bichat)		DEBRAY (C.)
Clinique médicale propédeutique (Broussais)		GENNES (L. de)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hôtel-Dieu)		DEROT (M.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)		DAVID (M.)
Clinique neurologique (Salpêtrière)		GARCIN (R.)
Cliniques obstétricales	Baudelocque	LACOMME (M.)
	Foch (Suresnes)	MERGER (R.)
Clinique obstétricale et gynécologique (Port-Royal)		VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)		RENARD (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)		AUBRY (M.)
Clinique de pédiatrie et de puériculture (Saint-Vincent-de-Paul)		LELONG (M.)
Clinique de pédiatrie sociale (Enfants-Malades)		MARIE (J.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laennec)		BERNARD (E.)
Clinique de neuro-psychiatrie infantile (Salpêtrière)		MICHAUX (L.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)		COSTE (F.)
Clinique stomatologique (Pitié)		DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)		ROUX (M.)
Clinique thérapeutique médicale (Saint-Antoine)		LEMAIRE (A.)
Clinique toxicologique		GAULTIER (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et traumatologique		PADOVANI (P.)
Séméiologie médicale		DOMART (A.)
Séméiologie et clinique chirurgicales		POILLEUX (F.)
Clinique urologique (Necker)		COUVELAIRE (R.)
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)		TURPIN (R.)

b) Professeurs à titre personnel :

Médecine	BOUR (H.) LHERMITTE (F.) PEQUIGNOT (H.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE, PROFESSEURS AGRÉGÉS ET MAITRES DE CONFÉRENCES - AGRÉGÉS

	MM.
Anatomie	CABROL (C.) COUINAUD (C.) GILLOT (C.) OLIVIER (G.) pr. s. ch.
Anatomie pathologique	GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.) pr. s. ch. ABELANET (R.) CHOMETTE (G.) GOUYGOU (Ch.), m. conf. NEZELOFF (Ch.) ORCEL (L.) PAILLAS (J.)
Anesthésiologie	KERN (E.) VOURC'H (G.)
Bactériologie	BARBIER (P.) pr. s. ch. CHRISTOL (D.) LE MINOR (L.) TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	BAGLIEU Et. m. conf. BOURILLON (R.) CARTIER (P.) DREYFUS (J.-Cl.) GONNARD (P.) KRUH (J.) JEROME (H.)
Biologie appliquée à l'Education Physique et aux Sports	PLAS (F.)
Carcinologie	BOIRON (M.) DENOIX (P.) MATHE (G.) SELIGMANN (M.)
Dermato-Syphiligraphie	CIVATTE (J.) DUPERRAT (B.)
Electro-Radiologie	LEDOUX-LEBARD (G.)
Hématologie	BESSIS (M.) BILSKI-PASQUIER (G.) DAUSSET (J.) DUHAMEL (G.)
Histologie	COUJARD (R.), pr. s. ch. MAROIS (M.) RACADOT (J.)
Hydrologie	BESANÇON (F.) CORNET (A.)
Hygiène	BOYER (J.) pr. s. ch. BLANCHER (G.) CORRE-HURST (Mme L.) SAPIN-JALOUSTRE (H.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.) Pr. s. ch. DUPONT (V.)
Médecine légale	FOURNIER (E.) GUENIOT (M.) HADENGUE (A.)
Médecine du travail	ALBAHARY (C.)
Neuro-chirurgie	PERTUISET (B.)
Neurologie	LAPRESLE (J.)
Obstétrique	GRANJON (A.) HERVET (E.) LE LORIER (G.) LEVY (J.) MORIN (P.) MUSSET (R.) ROBEY (M.) SENEZE (J.) SUREAU (C.) THOYER-ROZAT (J.)
Ophtalmologie	BRÉGEAT (P.) DUBOIS (A.) SARAUX (H.)

	MM.
Orthopédie	JUDET (R.) MEARY (R.) POSTEL (M.) RAMADIER (J.)
Oto-rhino-Laryngologie	DEBAIN (J.) PIALOUX (P.)
Parasitologie	GOLVAN (Y.) LAPIERRE (J.)
Pathologie chirurgicale	BARCAT (J.) BINET (J.-P.) CERBONNET (G.) CHATELIN (C.-L.) DUBOST (Ch.) DUBOST (Cl.) FAUREL (J.) FLABEAU (F.) GARBAY (M.) GARNIER (H.) (Cl. de) GAUDART-d'ALLAINES GERMAIN (A.) LATASTE (J.) LOYGUE (J.) MERCADIER (M.) NATALI (J.) PELLERIN (D.) PERROTIN (J.) ROBERT (H.) THOMERET (G.)
Pathologie exotique	SCHNEIDER (J.)
Pathologie expérimentale	BENHAMOU (J.-P.) BERTHAUX (P.) BOIVIN (P.) CROSNIER (J.) HARTMANN (L.) LŒPER (J.) Pr. s. ch. MAURICE (J.) MIKOL (Cl.) RICHET (G.)
Pathologie médicale	AUSSANNAIRE (M.) BOUVIER (J.) BOUVRAIN (Y.) BRICAIRE (H.) BRISSAUD (H.) BROCARD (H.) BUGE (A.) CATINAT (J.) CHRÉTIEN (J.) COBLENTZ (B.) CONTAMIN (F.) COURY (C.) ÉTIENNE (J.-P.) FREZAL (J.) FRITEL (D.) HENNEQUET (A.) HIMBERT (J.) HOUSSET (E.) LAROCHE (Cl.) LESOBRE (R.) LEVEQUE (B.) MACREZ (C.) MOREAU (L.) NISK (J.) ROYER (P.) TOURNEUR (R.) WOLFROMM (R.)
Pédiatrie-Puériculture	LAFOURCADE (J.) LEPERCQ (G.) MANDE (R.) MOZZICONACCI (P.) POLONOVSKI (C.) ROSSIER (A.) VIALATTE (J.)

	MM.
Pharmacologie	BOISSIER (J.) LECHAT (P.)
Physiologie	BARRES (G.) DEJOURS (P.) pr. s. ch. DURAND (J.) GIRARD m. conf. HUGELIN (A.) SCHERRER (J.)
Physique médicale	CHANTEUR (J.) GOUGEROT (L.), m. conf. pr. s. ch. GREMY (F.) m. conf. MILHAUD (G.) PELLERIN (P.) ROUCAYROL (J.-Cl) TUBIANA (M.) m. conf.
Pneumo phtisiologie	KREIS (B.) MEYER (A.) RENAULT (P.)

	MM.
Psychiatrie	PICHOT (P.)
Psychiatrie infantile	DENIKER (P.) DUCHE (D.) FLAVIGNY (H.)
Rhumatologie	DELBARRE (F.) pr. s. ch.
Stomatologie	CERNEA (P.) CHAPUT (Mme A.) m. c. agr. GRELLET (M.)
Thérapeutique	CHASSAGNE (P.) MARCHE (J.)
Urologie	AUVERT (J.) MOULONGUET (A.) QUENU (L.)

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent.

	MM.
Anatomie	DEBEYRE (J.)
Clinique chirurgicale	VERNE (J.-M.)
Clinique médicale	PERRAULT (M.) RAMBERT (P.) THIEFFRY (S.)
Clinique obstétricale	GRASSET (J.) MAYER (M.)

	MM.
Clinique ophtalmologique	DESVIGNES (P.) OFFRET (G.)
Clinique pédiatrique et puériculture	LAPLANE (R.)
Clinique psychiatrique	BARUK (H.)
Clinique urologique	KUSS (R.)

IV. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

V. - CHARGÉS DE COURS D'HYGIÈNE SCOLAIRE ET UNIVERSITAIRE

BOLTANSKI (E.)
LAUNAY (C.)

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Secrétaire principal	Mlle CHAINTREUIL (G.)
Conservateur en Chef de la Bibliothèque Conservateur du Musée d'Histoire de la Médecine	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateurs	Mlles DUMAITRE (P.), LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)
Bibliothécaire	Mmes CONTET (J.), FORGET (F.), Mlle LAURENT (H.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

- A mes parents,

- A ma femme,

- A mon fils.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550204_0007

A notre Président de Thèse
Monsieur le Professeur J. BOYER

qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de cette thèse.

qu'il trouve ici l'expression de notre
respectueuse reconnaissance.

A Monsieur D. FLORENTIN
Directeur honoraire du Laboratoire Municipal de Paris
Expert près le Tribunal de la Seine

Qui a bien voulu nous conseiller
dans notre travail,

Qu'il trouve ici l'expression de
notre profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur DEPARIS

Qui nous a guidé vers ce sujet

Qu'il trouve ici l'expression de notre respectueuse reconnaissance.

A mes Maîtres d'externat :

Monsieur le Professeur BROCQ

Monsieur le Professeur MENEGAUX

Monsieur le Professeur LIEVRE

Monsieur le Professeur KOURILSKY

Monsieur le Professeur POUMAILLOUX

Monsieur le Professeur SEGUY

INTRODUCTION

La pollution atmosphérique des villes pose un problème de plus en plus urgent. Le développement de l'industrie, la concentration urbaine, l'accroissement du nombre des véhicules à moteur, font que dans toutes les agglomérations l'air pur se raréfie.

Les hygiénistes et les législateurs s'inquiètent à juste titre du danger croissant pour la population du risque de souillure de l'atmosphère.

Ce danger n'est pas à sous-estimer, certains accidents dus à la pollution atmosphérique lors de conditions météorologiques particulières viennent en témoigner.

- Du 1er au 5 Décembre 1930, le brouillard de la vallée de la Meuse responsable de 60 morts et de plusieurs centaines de malades.

- En 1948 à Donora, en Pennsylvanie, sur une population de 13.000 habitants, on comptait 20 morts et plus de 5.000 malades.

- Enfin, en 1952, le smog de Londres, où l'on enregistrait durant la première semaine plus de 4.000 décès, alors que la moyenne était de 1.800 pour les autres années. Ce brouillard qui dura plusieurs semaines a été responsable de 8.000 décès pour la seule région de Londres.

Ces accidents, liés à la brusque augmentation de la teneur en anhydride sulfureux dans l'atmosphère, montrent bien l'intérêt de l'étude de la production de gaz nocifs par les foyers industriels ou domestiques.

Les effets de la pollution urbaine sont encore mal connus. Outre les effets immédiats sur l'organisme, tels que les intoxications qui ont suivi les dépôts de brouillards à Londres ou aux Etats-Unis, il semble exister des effets à longues distances, intervenant au niveau même du métabolisme cellulaire.

C'est pourquoi, depuis plusieurs années, un plan d'étude a été tracé par plusieurs organismes comme l'O.M.S. (Organisation Mondiale de la Santé), l'O.E.C.E. (Organisation Européenne de Coopération Economique), l'EUROTOX (Comité Européen de Recherches pour la protection des Populations contre les Risques d'Intoxication à long terme), afin de déterminer les dangers de la souillure de l'air des villes.

Nous étudierons successivement :

1°- Les origines de la pollution de l'air

2°- Ses effets sur l'organisme

3°- Le cas particulier de la pollution liée à l'implantation des usines thermiques au voisinage des villes.

LES ORIGINES DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Il faut tout d'abord essayer de définir ce qu'est la pollution atmosphérique.

C'est la présence dans l'air de produits contaminants qui ne font pas partie des constituants habituels de l'atmosphère, soit la présence d'une quantité plus élevée d'un ou de plusieurs de ses constituants normaux.

Rappelons brièvement la composition de l'air :

- Azote : 78,03
- Oxygène : 20,99
- Argon : 0,94
- CO_2 : 0,03
- Hydrogène: 0,01
- Néon, helium, krypton, xénon à l'état de traces.

Nous allons voir que de nombreuses substances chimiques viennent modifier la composition de cet air pour en faire un air vicié, générateur de troubles pathologiques.

I - NATURE DE LA POLLUTION

La pollution atmosphérique passe habituellement par trois stades.

1°- La Phase d'émission

C'est la phase où les polluants sont à concentration élevée dans les installations où ils prennent naissance et dans les conduites d'évacuation dans l'atmosphère. La détection et le contrôle sont ici faciles car les substances toxiques sont encore peu diluées. Un défaut de sécurité des appareils risque d'entrainer des intoxications à proximité de la source d'émission. Ce chapitre relève de l'hygiène industrielle et de la médecine du travail.

2°- La Phase de suspension dans l'atmosphère

Cette phase représente la pollution atmosphérique et son risque d'intoxication collective.

A ce stade de suspension, les polluants sont très dilués, cependant dans certaines conditions météorologiques qui gênent leur diffusion, on peut observer des intoxications qui prennent un caractère collectif. Les mesures sont ici plus délicates étant donné la grande dilution des substances.

3°- La Phase de sédimentation

C'est la fixation irreversible des polluants sur le sol, les végétaux, les objets. La pollution atmosphérique disparaît, cependant des effets nuisibles peuvent encore s'observer par dépôt des polluants sur les végétaux, les aliments, ou lorsqu'il existe une affinité chimique du sédiment pour les supports minéraux.

La pollution atmosphérique a pour principale origine la combustion des substances carbonées. Si la combustion est complète, il ne doit rester que de l'anhydride carbonique, de la vapeur d'eau, des oxydes de soufre et des poussières minérales. Mais les combustions ne sont jamais complètes, il en résulte que toute une série d'autres éléments imbrulés sont émis par les foyers.

II - LES AGENTS CHIMIQUES DE POLLUTION

A - LES POLLUANTS GAZEUX

1°- Les dérivés du Soufre (SO_2 - SO_3 - SO_4H_2 - SH_2)

Le rejet dans l'atmosphère de composés soufrés est lié au fait que les combustibles contiennent une certaine proportion de soufre. Cette teneur est très variable avec les produits utilisés.

La teneur moyenne en soufre du charbon est voisine de 1 °/₀.

Pour les produits pétroliers, elle est plus importante :

- gaz oil : 1 °/₀ de soufre ce qui correspond à 2 °/₀ de SO_2
- fuels domestiques : 1,6 °/₀ de soufre ce qui correspond à 3,2 °/₀ de SO_2.

- fuels légers : 2,7 °/₀ de soufre
- fuels lourds : 4 °/₀ de soufre.

Sous l'effet de la chaleur, les combustibles peuvent dégager de l'hydrogène sulfuré, gaz assez dense et très toxique.

Le plus souvent par oxydation, il y aura dégagement d'anhydride sulfureux (SO_2).

Le SO_2 et le SH_2 sont peu nocifs par eux-mêmes aux doses habituellement rencontrées dans l'atmosphère, mais ce sont deux gaz peu stables qui, par oxydation sous l'influence des rayons solaires, s'oxydent en anhydride sulfurique SO_3, qui, suivant l'humidité de l'air, pourra se transformer en acide sulfurique SO_4H_2. Cette oxydation peut se faire très rapidement sous l'action catalytique des oxydes d'azote et par effet de surface engendré par le brouillard. La pollution par le SO_2 présente donc un grand intérêt car, lors des conditions favorables à une oxydation rapide, on peut obtenir des aérosols extrèmement toxiques; c'est là un facteur très important car nous verrons que le SO_2 est un des principaux polluants émis par les centrales thermiques.

Il faut remarquer que pour les produits d'origine pétrolière, la quasi totalité du soufre est évacuée dans l'atmosphère avec les gaz brulés; alors qu'avec le charbon 20 °/₀ environ du soufre est fixé dans les cendres.

2°- L'anhydride carbonique (CO_2)

Actuellement la teneur en CO_2 de l'air des villes augmente progressivement. Inoffensif parce que sa dilution est aisée dans l'air, sa fixation rapide sur les végétaux; il est important car c'est un élément témoin des combustions carbonées et il reflète le niveau de pollution générale d'une atmosphère.

3°- L'oxyde de carbone (CO)

C'est le plus toxique des polluants. Cependant sa densité voisine de celle de l'air assure sa diffusion rapide. Il est pratiquement toujours associé à l'anhydride carbonique (en particulier dans les

gaz d'échappement des autos). Il faut tenir compte de cette synergie car le CO_2 en effet augmente le rythme respiratoire, ce qui diminue la teneur acceptable en oxyde de carbone.

4°- Les composés azotés

L'oxyde NO non toxique est rarement un facteur de pollution. Le bioxyde N_2O est fréquemment émis par l'industrie, il est peu soluble mais il se transforme rapidement à l'air en péroxyde NO_2 très toxique. Leur toxicité provient de la transformation en acide nitrique et nitreux dans les pluies et brouillards et au niveau des bronches.

5°- L'ozone

Sous l'influence des radiations photochimiques se forment des réactions complexes auxquelles participent les composés oxygénés de l'azote et les hydrocarbures aboutissant à la formation d'ozone et de peroxydes organiques. On admet que pour une certaine concentration ($0,15^{10-6}$), l'ozone provoque une irritation des yeux et est susceptible de causer des dommages manifestes à la végétation.

6°- Les composés fluorés

Emis par certaines industries (superphosphates, métallurgie de l'aluminium), l'acide fluorhydrique ou les composés fluorés en solution peuvent déterminer des lésions osseuses et des altérations dentaires.

7°- Les additifs pour carburants

Les additifs des essences contiennent des sels de plomb dont la toxicité est bien connue.

8°- Les hydrocarbures

Les hydrocarbures légers proviennent des combustions incomplètes de l'industrie, mais surtout de la mauvaise combustion de l'essence. En France, ils sont moins importants qu'aux Etats-Unis par exemple, où, du fait de circonstances climatiques particulières, ces hydrocarbures

en présence d'ozone se transforment en ozonides irritants et participent à la formation d'un smog oxydant (à distinguer du smog réducteur à base de SO_2).

Les hydrocarbures lourds sont importants à citer car ils entrent dans la composition des suies. La nature du combustible intervient peu dans leur formation. Dès qu'on brûle un combustible contenant du carbone et de l'hydrogène, on risque de les voir se former dans les fumées pour certaines conditions de mauvaise combustion. C'est un mélange de carbures aromatiques polycycliques auquel peut être lié un pouvoir cancérigène. Le plus connu est le 3-4 benzopyrène.

9°- Des composés d'odeur désagréable (mercaptans - amines)

B - LES POLLUANTS SOLIDES

Ils sont représentés par les suies, les escarbilles, les poussières. Dans les villes, ces particules sont colorées par les fragments de charbon, les goudrons.

Les poussières peuvent se distinguer selon leur origine :

- celles provenant d'une subdivision mécanique (broyage, concassage..)
- les cendres provenant de la combustion du charbon.
- les aérosols d'origine chimique ou physicochimique tels que fumées des fours métallurgiques, convertisseurs, etc..

La taille des poussières est très variable allant de plusieurs dizaines de microns aux particules ultrafines que l'on distingue en submicroniques, inférieures au micron mais supérieures à 0,2 μ et encore visibles au microscope ordinaire; et inframicronique, inférieures à 0,2 μ et visibles seulement au microscope électronique.

Cette distinction n'est pas sans intérêt car nous verrons que les poussières ultrafines sont très difficiles à arrêter par les installations de dépoussièrage. Très diffusibles, elles peuvent pénétrer dans les lieux les plus étanches et elles ne sont pas sans danger pour l'organisme humain.

III - ORIGINE DE LA POLLUTION

Les polluants de l'atmosphère des villes sont émis par trois grandes catégories de sources.

A - LES FOYERS DOMESTIQUES

Il s'agit là d'une source très importante de pollution. Pour se rendre compte de l'importance de ce facteur, il suffit d'examiner le tableau figurant dans une communication faite par Mr le Préfet de la Seine au Conseil Municipal de Paris.

	Paris	Banlieue
- Installations de chauffage central individuel ou collectif	330.000	370.000
- Cuisinières	340.000	650.000
- Poêles divers	630.000	650.000

Tous ces appareils fonctionnant au charbon ou au fuel dégagent une quantité importante d'oxyde de carbone, de composés sulfureux, suies, fumerons, poussières, du fait de leur mauvaise utilisation (tirage insuffisant, réglage mal effectué, cheminées non adaptées aux conditions d'emploi...).

On considère en général qu'une tonne de charbon brûlée dans un foyer domestique produit en moyenne deux à trois fois plus de fumées qu'une tonne de charbon brûlée dans les foyers industriels. Les analyses faites par le laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris ont montré que dans les quartiers résidentiels de l'ouest de Paris (XVI° arrondissement) où le chauffage au mazout s'est généralisé, la pollution sulfureuse tend à rejoindre, et même à dépasser, celle des zones industrielles de banlieue, où fonctionnent les grandes centrales thermiques au fuel lourd.

Ce mode de pollution a motivé l'arrêté pris le 13 Octobre 1961 par Monsieur le Préfet de la Seine, prescrivant de rechercher une combustion aussi parfaite que possible par l'utilisation d'un combustible approprié, une conduite rationnelle des foyers, l'obligation d'une revision annuelle des installations de chauffage collectives, l'obligation de la mise en

service de dispositifs et d'appareils de mesure et de réglage sur les chaudières.

Toutes les mesures doivent être prises pour diminuer la pollution par les foyers domestiques. Il serait souhaitable de voir se développer l'utilisation des appareils de chauffage au gaz ou des appareils électriques, d'obtenir la concentration des foyers de combustion par l'extension du chauffage collectif dont la conduite est assurée par un personnel spécialisé, de voir s'étendre le chauffage urbain.

A ce sujet, il est intéressant de noter qu'à Paris le chauffage urbain est représenté seulement par 58 kilomètres de canalisations ne desservant qu'un millier d'immeubles représentant l'équivalent de 20.000 logements. Ce qui est insuffisant.

B - LA POLLUTION PAR L'INDUSTRIE

L'industrie moderne constitue une source importante de pollution. Les foyers industriels à combustibles solides (charbon) ou à combustibles liquides (fuels) sont responsables de l'émission importante de poussières et de gaz. La grosse industrie possède les moyens financiers de réduire cette pollution, mais il existe dans les villes un grand nombre de petites industries qui ne possèdent aucune installation de dépoussièrage ou d'épuration, dont les chaudières sont trop faibles, à marche trop poussée, utilisant des combustibles mal appropriés à la nature du chauffage, des chauffeurs inexpérimentés. Nous verrons le problème particulier des centrales thermiques, mais elles ne sont pas les seules à polluer l'atmosphère, chaque industrie possédant ses caractéristiques propres.

Les cimenteries posent des problèmes très délicats de dépoussiérage. A tous les stades de la fabrication, on trouve des sources de production et d'émission de poussières et de fumées. Les poussières émises par ces usines présentant la particularité de servir de noyau de condensation en cas de brouillards. Après évaporation, il persiste sur le sol ou les objets, des dépôts blanchâtres extrêmement difficiles à enlever.

L'électrochimie et l'électromécanique sont responsables de l'émission d'une quantité considérable de poussières fines de silice et d'oxydes métalliques formés par sublimation des métaux au contact de l'air.

L'industrie chimique déverse dans l'atmosphère les polluants de compositions les plus diverses.

Les fonderies par les fumées des cubilots sont très gênantes. Ces fumées contiennent des poussières, des composés sulfureux provenant du coke; tous ces produits s'éliminant à basse altitude, car il est impossible de construire au-dessus des cubilots des cheminées suffisamment hautes.

De même, les charbonnages par les briqueteries, cokeries, sont une source importante de poussières.

C - LA POLLUTION PAR LES GAZ D'ECHAPPEMENTS DES VEHICULES AUTOMOBILES

Ce mode de contamination devient de plus en plus fréquent du fait de l'énorme concentration des véhicules à moteur dans les agglomérations. Dans le département de la Seine, on dénombrait en 1960 :

- 1.200.000 véhicules à quatre roues
- 200.000 motos et vélomoteurs.

Les gaz d'échappement des moteurs renferment en effet les produits de combustion plus ou moins complète de l'essence, ou des gaz oils utilisés comme carburants et des huiles utilisées comme lubrifiants. Les produits normaux sont le gaz carbonique et la vapeur d'eau, mais il s'y ajoute :

- des gaz : oxydes d'azote, anhydride sulfureux y sont en faible proportion, mais ils jouent un grand rôle dans la formation des smogs. L'oxyde de carbone toxique redoutable.

- des imbrûlés légers, représentés par certains produits de combustion incomplète : peroxydes - aldéhydes - acides organiques.

- des imbrûlés lourds formant des suies noires visibles à la sortie des tuyaux d'échappement et qui peuvent renfermer des hydrocarbures polycycliques cancerigènes.

Enfin, des produits provenant de la combustion ou de la composition des additifs (produits à base de plomb, de chlore, de brome, de phosphore).

La pollution de l'air par les gaz d'échappement est variable avec le régime du moteur. La composition moyenne des gaz d'échappement d'un moteur à essence en fonction du régime s'établit comme suit :

Conditions de fonctionnement	Ralenti	Accélération	Croisière	Décélération
- CO en °/₀	6,9	2,9	2,7	3,9
- Hydrocarbure en °/₀	0,53	0,16	0,10	1
- Oxydes d'azote en ml/m_3.	30 .-	1.020 .-	650 .-	20 .-
- Aldéhydes en ml/m_3	30 .-	20 .-	10 .-	290 .-

Pour le moteur Diesel, le pourcentage d'oxyde de carbone émis est très faible lorsque le système d'injection est bien réglé, mais par contre si le Diesel est mal réglé, il peut devenir une source importante d'oxyde de carbone et d'imbrûlés lourds contenant du 3-4 benzopyrène.

L'oxyde de carbone très toxique est généralement choisi comme substance test du niveau de pollution par les véhicules automobiles. Le laboratoire municipal de Paris a montré que le CO dégagé a augmenté de 1958 à 1959 de 50 °/₀ dans les artères les plus fréquentées.

En 1960, la moyenne générale des 15.120 prélèvements effectués s'établissait à 22,4 p.p.m. de CO contre 15,2 p.p.m. en 1959, ce qui démontre la part croissante de ce mode de pollution. Il importe donc encore dans ce cas de mettre en oeuvre les moyens de réduire cette pollution.

Ces mesures concernent les conditions d'utilisation des véhicules : vérification du réglage du carburateur, des systèmes d'injection pour les Diesel, nettoyage du filtre à air, bon état des circuits d'échappement, bon état du système d'allumage, utilisation limitée du starter, limitation du temps de marche au ralenti, amélioration des carburants, oxydation catalytique des gaz évacués par le moteur. Il reste le problème de la circulation très difficile à résoudre dans les villes. Les mesures prises doivent tendre à accélérer la circulation, à supprimer les embouteillages (sens uniques, passages supérieurs, synchronisation des feux de signalisation).

En 1958, un travail du laboratoire d'Hygiène a évalué la pollution atmosphérique à 180.000 tonnes de SO_2, avec un dépôt total de poussière de 6 g/m^2/mois. 52 °/₀ de cette pollution est attribuée aux foyers domestiques, 23 °/₀ aux foyers industriels et 25 °/₀ aux véhicules automobiles.

LES EFFETS DE LA POLLUTION

La pollution de l'atmosphère semble avoir des conséquences très diverses : altération des monuments, répercussions météorologiques, action sur les plantes et l'organisme humain.

A - CONSEQUENCES METEOROLOGIQUES

En France, les répercussions sur le climat sont moins marquées que dans certaines villes américaines ou allemandes, ou à Londres où le smog est plus intense en raison des brouillards qui sont liées au climat. Il se produit au-dessus des villes une stagnation de l'air vicié formant un véritable dôme de "boue atmosphérique", que seuls des vents violents peuvent temporairement désorganiser. Lorsque le plafond d'inversion s'abaisse le volume de ce dôme peut être réduit de telle façon qu'une saturation en polluants peut être réalisée très rapidement entraînant des accidents.

Depuis une cinquantaine d'années, on note à Paris une augmentation des brouillards et de l'obscurcissement de l'atmosphère. Louis Besson estime que la transparence de l'air de Paris est passée de 70 °/₀ en 1895 à 50 °/₀ en 1930. Le nombre des jours de brouillards est passé de 90 à 150 pour la même période, tandis qu'à Chateaudun, le nombre des jours de brouillard est resté à peu près le même. L'insolation a diminué de 25 °/₀. Par ailleurs, les particules solides en suspension peuvent servir de points de condensation pour l'humidité favorisant certainement la formation de brouillards. Ceux-ci absorbent dans leurs couches supérieures les rayons ultra-violets germicides et pourraient dans certaines circonstances favoriser le transport et peut-être même le développement des microbes.

B - EFFETS SUR LES MONUMENTS ET LES HABITATIONS

En traversant les banlieues industrielles, il est facile d'observer que les monuments et les bâtiments sont recouverts d'un dépôt noirâtre. Non seulement il y a dépôt, mais il y a corrosion de la pierre. L'anhydride sulfureux, le ruissellement des eaux de pluies chargées d'acides entraînent la formation de sulfate de calcium qui fait éclater le calcaire.

Cet effet nocif se retrouve sur tous les éléments des constructions. Les toitures en zinc duraient en moyenne 50 ans à condition de les reviser tous les 30 ans. Au cours des dernières années, on a constaté que la durée moyenne des toitures est de 30 ans avec nécessité de les reviser tous les 20 ans. Cette dégradation qui, au voisinage de certaines cheminées, est encore plus rapide, est due à la formation de sulfate de zinc qui se dissout par l'eau de pluie, laissant un trou dans la toiture. Les peintures elles-mêmes sont atteintes. Lorsque l'air contient de hydrogène sulfuré, les peintures à base de plomb se décolorent. La patine du cuivre perd rapidement son aspect sous l'action des composés sulfureux. Le fer, la fonte, l'acier même peuvent être attaqués par l'acidité de l'air. En 1959, on a constaté des coupures de courant dues à des défauts en lignes apparaissant au niveau des isolateurs des câbles à haute tension. Ces coupures étaient liées à la condensation des brouillards acides sur ces isolateurs les rendant conducteurs.

Ces conséquences de la pollution de l'air ne sont déjà pas négligeables sous le seul aspect financier. La réparation fréquente des monuments, les ravalements plus rapprochés, les réfections des toitures représentent une lourde charge financière. En 1953, les Anglais évaluaient à 152 millions de livres par an les méfaits de la pollution. Les chiffres en France sont du même ordre.

C - EFFETS SUR LES VEGETAUX

Les végétaux sont dans certains cas plus sensibles que l'homme à la pollution de l'air. Leurs altérations ne doivent pas être négligées, car si la pollution augmente, on peut redouter les répercussions sur la production végétale et sur les espaces verts, qui existent encore dans les villes.

Les poussières et les cendres se déposent sur les plantes. Si ces poussières sont accompagnées de matières grasses provenant notamment de traces de pétrole non brûlé, elles adhèrent à la surface de la feuille et le lessivage naturel par la pluie devient inopérant.

Certaines pollutions exercent un effet si marquant sur les végétaux qu'ils peuvent servir de test pour les déceler. Les plus remarquables sont les pollutions dues à l'éthylène et à l'oxyde de carbone. Ces deux

produits existent dans le gaz de houille et dans les gaz incomplètement brûlés des moteurs à explosion. Les plantes sont très sensibles à l'un et à l'autre. Quelques heures de présence dans une atmosphère ne contenant qu'un cent millionième d'éthylène suffisent pour faire apparaître des troubles. Avec l'oxyde de carbone, une concentration de l'ordre du millionième fait apparaître les lésions. Dans les deux cas, on note une fragmentation des vacuoles, des troubles respiratoires, la formation de tanins en taches rougeâtres ou brunes sur les feuilles, puis la chute des feuilles.

Ces phénomènes sont plus nets sur la plante en croissance. Chez la plante adulte, la réaction la plus fréquente est la chute des feuilles, ou des boutons floraux. Les marronniers des avenues parisiennes perdent très vite leurs feuilles qui sont roussies par l'air; on doit faire appel à des espèces plus résistantes comme le platane. La place d'Italie est plantée de paulownias. Jusqu'en 1927, ces arbres fleurissaient. De 1927 à 1940, on notait une chute des boutons floraux de plus en plus nombreux si bien qu'en 1939, ils ne fleurissaient presque plus. Entre 1940 et 1947, ces arbres fleurirent de nouveau, car la circulation était peu intense. En 1947, il y avait nouvel arrêt de la floraison. Avant la dernière guerre, le nombre des arbres morts chaque année à Paris était de 1.400. Il est tombé à 800 pendant la guerre, pour atteindre 2.000 en 1959. Ces exemples nous montrent l'importance de la pollution atmosphérique actuellement. Ces méfaits sur les arbres des villes se retrouvent d'ailleurs sur les plantes à la campagne au voisinage des usines.

D - EFFETS DE LA POLLUTION SUR L'ORGANISME HUMAIN

A la suite de nombreux travaux, il semble que la pollution de l'air intervienne dans les affections suivantes :

- Irritation des muqueuses respiratoires et naso-pharyngées
- Irritation des yeux et des conjonctives
- Certaines variétés d'affections aigues ou subaidues broncho-pulmonaires
- L'asthme
- Certaines variétés d'emphysème
- Des affections gastriques de type ulcéreux ou gastrites chroniques

- Certains rachitismes dans les régions où la réduction de l'insolation est telle qu'elle peut empêcher la synthèse de la vitamine D par la peau
- enfin, le cancer du poumon.

L'influence de la pollution sur la santé est d'étude difficile. Nombre de facteurs d'environnement en effet influent sur la santé des habitants des villes (bruits, odeurs, mauvaise hygiène de l'alimentation et du repos, confort des habitations, tension nerveuse...), et il est délicat de préciser l'importance de ces divers facteurs. L'expérimentation est extrèmement difficile et en matière de pollution, ce n'est souvent que l'étude de corrélations entre le taux de polluants et ceux de la morbidité ou de la mortalité d'un ensemble de population qui peut faire soupçonner les causes. Nous avons vu que certains accidents aigus pouvaient résulter d'une pollution généralisée. Dans certains cas, les symptomes sont insidieux. L'oxyde de carbone est susceptible de déterminer un certain pourcentage de troubles pathologiques. Se substituant à l'oxyhémoglobine, il se fixe sur le sang pour former de la carboxyhémoglobine. A l'état normal lorsque l'exposition à l'oxyde de carbone cesse, l'oxyhémoglobine se régènère rapidement. Cependant, si le sujet est exposé durant un temps très long, même à de faibles doses de CO, la régénération de l'oxyhémoglobine ne se fait plus et l'on peut observer un oxycarbonisme chronique. Des expériences ont été faites (en 1957) chez 36 volontaires non fumeurs placés durant trois heures sur des voies ou des carrefours où la circulation automobile était intense. Des prélèvements de sang ont été effectués avant et après chaque exposition. Simultanément, des prélèvements d'atmosphère étaient faits aux différents endroits assignés aux volontaires, afin d'évaluer la teneur moyenne en CO à laquelle ils étaient soumis. La teneur normale en oxyde de carbone étant au voisinage de 0,4 °/₀, après exposition, on notait des teneurs de 0,50 à 0,70 °/₀.

Le seuil d'alerte de 1 °/₀ pouvant être atteint et dépassé dans certaines conditions.

Les effets de la pollution se font sentir surtout au niveau des voies respiratoires. Les travaux anglais ont montré de façon très nette l'augmentation de la morbidité chez les bronchitiques en fonction du taux des fumées contenues dans l'atmosphère. L'exposition prolongée à de l'air contenant certains produits irritants, en particulier le SO_2,

même à très faible dose, semble bien être à l'origine de nombreuses bronchites chroniques. De même, certains oedèmes aigus grippaux ont pu être déclenchés par l'augmentation de la teneur de l'air en SO_2.

Cependant, on insiste actuellement sur les risques de toxicité à long terme que pourrait entraîner l'absorption longtemps répétée de doses même très minimes de substances polluantes. Les données statistiques de différents pays révèlent une augmentation dans les populations urbaines de la fréquence des morts dues au cancer du poumon, durant les dernières années. Cette augmentation n'étant pas uniquement due à une amélioration des méthodes de diagnostic du cancer du poumon, et elle semble bien en relation avec l'augmentation de la pollution de l'air des villes. De nombreuses expériences ont montré que les produits cancérigènes émis dans l'atmosphère avaient de nombreuses sources :

- les suies formées par la combustion incomplète des charbons, fuels, du gaz naturel.
- les imbrûlés rejetés avec les gaz d'échappement des moteurs.
- Les poussières provenant de l'usure des routes goudronnées ou asphaltées, ainsi que des pneus des véhicules qui contiennent du noir de carbone comportant un certain pourcentage d'hydrocarbures polycycliques cancérigènes.

Le pouvoir cancérigène des suies est connu depuis longtemps, puisqu'en 1775, Sir Percivol POTT avait fait la corrélation entre l'apparition du cancer du scrotum et l'exposition aux suies chez les ramoneurs. Ce pouvoir cancérigène a été prouvé expérimentalement soit en badigeonnant de façon répétée la peau de certains animaux avec des extraits de suies, soit en injectant ces extraits, soit en exposant les animaux pendant une longue durée à l'inhalation d'une atmosphère riche en suies.

De même, le pouvoir cancérigène des poussières en suspension dans l'air des villes a été démontré expérimentalement. En 1942, LETTER observa des sarcomes au point d'injection chez 8 % des souris ayant reçu une injection d'extraits de poussières récoltées dans différentes villes des Etats-Unis. La même année, DONALD constatait une augmentation de l'incidence du cancer pulmonaire chez les souris exposées à des inhalations prolongées de poussières atmorphériques. En 1954,

KOTIN obtenait le développement de papillomes et de tumeurs de la peau chez des souris ayant subi des badigeonnages répétés avec des extraits de poussières de Los Angelès.

TRUHAUT a observé également le développement d'épitheliomas spino-cellulaires chez des souris ayant été badigeonnées pendant plusieurs mois avec une solution acétonique d'extraits de poussières recueillies à Paris. Dans ce même air de Paris, Monsieur FLORENTIN a pu caractériser la présence de 3-4 Benzopyrène. L'étude des diverses expériences tendant à mettre en évidence l'existence de produits cancérigènes dans l'air des villes a permis de dégager un certain nombre de notions intéressantes.

1) L'activité considérable de certains composés.

L'absorption de doses très minimes pouvant provoquer un cancer après un temps de latence suffisamment long. Le 3-4 Benzopyrène appartient à cette série de composés.

2) La sommation des effets cancérigènes.

Les effets de chaque dose isolée semblent s'ajouter sans aucune perte pendant toute la durée de la vie quel que soit le jeu des éliminations. "Il y aurait sommation totale d'effets absolument irréversibles" (TRUHAUT).

3) La manifestation à retardement des effets cancérigènes. Le cancer se manifeste après un très long temps de latence.

4) La faible toxicité aigue des agents cancérigènes risquant de faire méconnaître le danger qu'ils représentent.

5) L'existence de facteurs "co-cancérigènes".

Non cancérigènes par eux-mêmes, mais dont la présence permet à un agent cancerigène d'exercer une action à une dose qui serait sans effet en son absence. Il en est ainsi de certains agents tensioactifs et des hydrocarbures légers provenant des essences, qui jouent le rôle de solvants vis-à-vis des hydrocarbures cancérigènes adsorbés sur les particules d'imbrûlés lourds.

6) Enfin, il est à remarquer que les agents chimiques reconnus cancérigènes sont de plus en plus nombreux. Ils appartiennent non seulement au groupe des hydrocarbures aromatiques polycycliques mais à de nombreuses séries chimiques y compris les dérivés de l'arsenic et du sélénium. On en connaît une centaine actuellement.

Toutes les répercussions de la pollution sur l'organisme ne sont certainement pas connues. De très nombreuses études sont en cours. Des travaux faits en Tchécoslovaquie, par exemple, comparent deux groupes d'enfants, vivant l'un dans une ville enfumée, l'autre dans une ville qui ne l'est pas. Les résultats de ces expériences montrent que l'organisme de l'enfant est plus sensible que celui de l'adulte à la pollution, que son développement est freiné. Le taux d'hémoglobine et l'indice colorimétrique, la concentration des phosphatases alcalines, du calcium et du phosphore seriques, les variations du spectre des protéines peuvent servir d'indicateurs de cette action de la pollution.

La région parisienne contrairement à certaines capitales n'a pas encore connu d'accidents aigus. Cependant, une première alerte semble avoir été donnée du 10 au 23 Décembre 1961, période au cours de laquelle la mortalité s'accrut de 20 °/₀, en même temps que le taux des polluants augmentait.

Il faut prendre des mesures énergiques pour que de tels accidents ne se renouvellent pas.

oOo

LA POLLUTION PAR LES CENTRALES THERMIQUES

Nous avons vu dans les chapitres précédents quels étaient les facteurs généraux de pollution, leurs origines, leurs effets sur l'organisme. Dans ce chapitre, nous limiterons notre étude à la pollution liée au dégagement de fumées et de gaz par les centrales thermiques.

Les centrales thermiques représentent en effet une part non négligeable de la pollution de l'air des villes. Les voisins des Centrales de St Denis et de Gennevilliers connaissent bien les inconvénients de la proximité de telles usines. Les accidents dramatiques de 1952 à Londres s'expliquent en grande partie par la concentration des grandes centrales thermiques dans la région londonienne et au coeur même de Londres, rendant les brouillards très nocifs.

Actuellement, un effort certain est fait pour diminuer la pollution par les usines thermiques, cependant l'accroissement de la production électrique rendue nécessaire par une industrialisation toujours en évolution va nécessiter la création de nouvelles centrales. Des considérations économiques font que les centrales sont installées au voisinage immédiat des grands centres urbains. Cet état de choses est-il souhaitable ? C'est la question qui se pose lorsqu'on envisage les incidences de la pollution sur l'organisme humain.

Ce problème a été discuté très souvent. En Mars 1959, TERVER faisait une communication à l'Académie de Médecine afin d'éviter l'implantation d'une centrale thermique à Champagne sur Oise dans la région de l'Isle Adam. Il soulignait le risque entraîné par la création d'une telle usine dans une vallée où les conditions météorologiques étaient défavorables, alors qu'il existait déjà plusieurs usines, dans un périmètre où se trouvaient 20.000 habitants.

Etant donné l'importance de l'usine, il évaluait la pollution journalière à 40 tonnes de poussières et 75 tonnes d'anhydride sulfureux.

Mr FLORENTIN estimait que la création de cette usine risquait de polluer fortement l'atmosphère et pensait que la centrale pourrait être déplacée à 50 kilomètres au Nord de Paris.

Devant le risque exposé, l'Académie de Médecine émettait le voeu que "les grands centres usiniers susceptibles de polluer l'air, la terre et les

eaux soient éloignés des grandes villes".

Nous sommes en 1963, l'usine a été achevée et est en service, d'autres seront construites. En 1959, la puissance des centrales exploitées était de plus de 4.000 MW., dont presque le quart dans la Seine ou à proximité de Paris. Le programme d'équipement prévoit pour les années à venir un accroissement considérable de la puissance installée en centrales thermiques E.D.F. Celle-ci sera, en 1970, près du triple de ce qu'elle était en 1960. Il est nécessaire que le lieu d'implantation de ces usines soit aussi éloigné que possible des villes car nous allons voir que la pollution due aux centrales reste encore importante et vient s'ajouter à la pollution existant déjà du fait des autres sources domestiques et industrielles.

A - NATURE DE LA POLLUTION PAR LES CENTRALES

Les polluants issus des cheminées des centrales sont surtout représentés par :

- les poussières
- l'anhydride sulfureux SO_2

- Dans les installations utilisant des combustibles solides (charbons et lignites), nous tronvons en effet dans les fumées des poussières provenant du soufre incorporé dans les combustibles. Les centrales E.D.F. brûlent généralement un charbon contenant 15 à 20 °/₀ de cendres et les concentrations en poussières à la sortie de la chaudière sont de l'ordre de 15 à 20 g/m^3 de gaz. Les centrales minières consomment des charbons de basse qualité contenant jusqu'à 45 °/₀ de cendres et les concentrations en poussières peuvent atteindre 50 g/m^3.

- Dans les installations utilisant des combustibles liquides (fuels oils) ici encore nous trouvons presqu'essentiellement du SO_2 car les fuels oils utilisés sont plus riches en composés sulfurés que les charbons.

Une étude faite par Mr MARTIN, Chef du laboratoire national d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, donne les résultats suivants dans le cas de la Centrale de Gennevilliers (en 1959) :

Polluants :	CO_2	:	180.000 tonnes par mois
			250 tonnes par heure
	SO_2	:	1.350 tonnes par mois
			2 tonnes par heure
	Poussières :		1.500 tonnes par mois
			2,1 tonne par heure.

La Centrale de Saint-Ouen alimentée au fuel, déversait dans l'atmosphère quatre fois plus de SO_2. Cette pollution explique que la teneur des eaux de pluies en sulfate était de 3,5 mg/litre à Paris, elle était de 20 mg à Gennevilliers et de 27,5 mg à Aubervilliers, proche de la centrale de Saint-Denis.

L'E.D.F. a fait des claculs théoriques de la pollution, calculs effectués à partir du tonnage de charbon brûlé, du poids de machefer recueilli et du taux en imbrûlés solides des fumées. Les résultats donnés étaient en 1959 :

- 82.000 tonnes de poussières pour l'ensemble du territoire
- et 114.000 tonnes de SO_2.

Ces résultats tiennent compte du rendement des dépoussiéreurs et malgré l'amélioration de la technique de dépoussiérage, on notait une augmentation de la quantité des poussières émises par rapport à 1958 (77.000 tonnes). Cette augmentation tient au fait que la production électrique a été plus forte en 1958.

Des chiffres ont été donnés pour comparer la pollution par les centrales aux autres sources de pollution dans la Région parisienne. On constatait que les centrales E.D.F. représentaient :

- 15 °/₀ du dépôt des poussières en 1957
- et 11,5 °/₀ - - - - en 1958,

la répartition étant la suivante pour l'ensemble du territoire :

- Foyers domestiques : 12 °/₀
- Industries : 30 °/₀
- Centrales thermiques E.D.F. : 8 °/₀
- Autres Centrales thermiques : 30 °/₀
- Locomotives à vapeur : 20 °/₀

En ce qui concerne l'émission de l'anhydride sulfureux :

- 16 °/₀ du SO_2 rejeté en 1958 provenait des centrales
- 8 °/₀ pour l'ensemble du Territoire.

Nous voyons donc que le pourcentage de polluants émis par les centrales est bien plus important au voisinage des villes que pour l'ensemble du pays.

Ces chiffres sont d'ailleurs théoriques, car les teneurs en soufre des divers combustibles n'étant pas fixes et la teneur réelle en soufre n'étant pas exactement déterminée par l'E.D.F., les valeurs données ci-dessus ont été établies avec les pourcentages moyens qui suivent :

- Charbon : 0,7 °/₀ de soufre,
- Fuels oils lourds n° 2 : 3,5 °/₀ de soufre
- Autres fuels oils : 1 °/₀ de soufre.

Devant l'importance du risque de pollution occasionné par les centrales, devant l'augmentation des tonnages de combustibles brûlés, il était nécessaire de chercher tous les moyens qui pouvaient permettre de réduire la production de fumées et de vapeurs.

B - MOYENS UTILISES POUR REDUIRE LA POLLUTION PAR LES CENTRALES

Il faut agir à la fois sur le rejet de poussières et sur le rejet de gaz.

I° - REDUCTION DE LA POLLUTION PAR LES POUSSIERES

Afin d'assurer la diminution de la quantité de poussières émises dans les fumées les centrales utilisent divers procédés :

1°/ Les dépoussiéreurs

Actuellement, le dépoussiérage des centrales est assuré par des dépoussiéreurs électrostatiques couplés ou non avec des dépoussiéreurs mécaniques.

Les dépoussiéreurs mécaniques utilisant l'effet de la force centrifuge ont un rendement considéré comme faible actuellement, puisqu'ils ne retiennent que 70 à 75 °/₀ des poussières et n'ont pas d'action sur les particules inférieures à 5 μ de diamètre.

Les dépoussiéreurs hydrauliques : leur emploi isolé est pratiquement abandonné du fait de leur difficulté d'exploitation. Des essais ont été faits pour les associer au dernier type de dépoussiéreur.

Les dépoussiéreurs électrostatiques : ce dispositif comporte une électrode émissive qui électrise les particules solides à leur passage dans un caisson. Ces particules électrisées étant attirées par une électrode receptrice contre laquelle elles s'appliquent. Un dispositif de vibration détermine la chute des poussières qui sont recueillies à la partie inférieure du caisson. L'électrofiltre a un meilleur rendement qui atteint 90 °/₀. Il arrête par ailleurs des poussières beaucoup plus fines de l'ordre de 1 µ. Cependant, cet appareil n'a pas un rendement constant du fait de l'encrassement des électrodes qui nécessite des nettoyages fréquents. En agissant sur certains facteurs : surface des électrodes, abaissement de la vitesse des gaz entre les plaques, temps de séjour des gaz dans l'appareil, multiplication du nombre des champs, amélioration des dispositifs de nettoyage en marche, on obtient des rendements théoriques de 98 °/₀ tels que ceux des usines de Champagne sur Oise et de Vaires.

Actuellement, tous les dispositifs de dépoussiérage ne sont pas parfaits et des études sont en cours pour l'utilisation des dépoussiéreurs à manches filtrantes en tissus artificiels. Mais le prix de revient est élevé car les pertes de charge sont élevées, et les tissus filtrants s'usent.

2°/ La dispersion des fumées

Afin de réduire la pollution au niveau du sol, tant en poussière qu'en gaz nocifs, il y a lieu de rejeter les gaz émis par les chaudières à la plus grande hauteur possible. La dispersion des fumées est en effet fonction de nombreux facteurs :

- hauteur de la cheminée,
- finesse des poussières émises,
- vitesse du vent,
- vitesse et températures des gaz à la sortie de la cheminée.

La concentration des poussières au sol varie dans la proportion inverse du carré de la hauteur de la cheminée. C'est pourquoi dans les centrales modernes, la hauteur de la cheminée est de l'ordre de 120 m. et la vitesse de sortie des gaz comprise entre 15 et 25 m/sec.

II° - REDUCTION DE LA POLLUTION DUE A L'ANHYDRIDE SULFUREUX

La production de SO_2 est inévitable. Aucune méthode économiquement valable ne permet de désulfurer les gaz de combustion.

Le lavage des gaz risque d'entraîner une réduction de leur force ascensionnelle et par conséquent de diminuer leur dispersion. Les essais d'extraction du soufre avant la combustion des produits employés s'avèrent très difficiles et coûteux. La seule solution reste ici encore la dispersion d des fumées émises pour réduire la teneur moyenne des polluants dans le voisinage de l'usine.

A ce sujet, l'utilisation du gaz naturel est susceptible d'apporter une amélioration considérable, car s'il est toxique à l'état brut, le gaz est obligatoirement traité en vue de son transport, ce qui le débarrasse de ses éléments nocifs. Si bien que la teneur en soufre est presque nulle (0,0002 °/₀ environ) et il n'existe plus de poussières.

Nous avons vu les moyens utilisés pour essayer de réduire la pollution de l'atmosphère par l'émission de produits nocifs dus à la combustion des charbons ou des fuels.

L'E.D.F. a lancé un vaste programme d'étude de la pollution créée par ses centrales :

- amélioration du rendement des dépoussiéreurs
- mesures systématiques des rendements
- modernisation des centrales afin d'augmenter la production électrique en réduisant la quantité de combustibles utilisés.

Elle a ouvert en Septembre 1961 un laboratoire pour "la prévention de la pollution atmosphérique". Situé dans la centrale de Saint-Denis, ce laboratoire fait des études statistiques sur les rejets nuisibles des centrales, étudie le fonctionnement des dépoussiéreurs, étudie les phénomènes d'inversion.

Un effort certain a été fait pour réduire la pollution, effort qui se traduit sur le plan financier puisque les centrales thermiques consacrent aux installations de dépoussiérage 3 °/₀ environ de leurs investissements globaux, cependant un certain nombre de problèmes restent à envisager.

C - Les dépoussiéreurs ont été améliorés sensiblement. Le rendement théorique de dépoussiérage atteint et dépasse 90 °/₀ . Cependant ce rendement n'est pas constant. L'humidité, la conductibilité électrique peuvent provoquer des chutes brutales de rendement. De plus, le rendement du dépoussiéreur est fonction de la charge. Aux heures où les chaudières doivent fonctionner au maximum, le rendement du dépoussiéreur diminue très rapidement. De même, l'encrassement des électrodes en modifie le fonctionnement.

Tous ces facteurs donnent un rendement pratique en exploitation inférieur aux valeurs garanties.

Le dépoussiérage n'est pas assuré de façon égale, pour toutes les particules solides en fonction de leur taille. Très efficace pour les particules de grandes dimensions et pour les plus petites de quelques microns, les dépoussiéreurs semblent inefficaces pour les poussières de 0,2 à 0,4 μ. Or l'expérience a montré que ce sont ces particules qui sont retenues le plus facilement par les poumons. Dans l'ensemble, les grosses particules sont arrêtées dans les voies respiratoires avant leur pénétration dans les alvéoles. Les particules plus petites que 0,2 sont expirées pour la plus grande partie. Les particules de 0,2 à 0,4 sont retenues. Ces particules peuvent sédimenter mais très lentement et elles restent longtemps en suspension dans l'air des villes où elles s'accumulent. Issues de la combustion du charbon et du mazout, elles peuvent être riches en benyopyrène. Des expériences faites sur la pollution de l'atmosphère en fonction de l'importance et de la distance de la source d'émission, montrent dans le cas de la centrale de Gennevilliers que pour une éjection de 2 tonnes de poussière par heure, à 1.000 mètre, le dépôt de poussières est plus que doublé et le taux en fines poussières de l'atmosphère est multiplié par un coefficient de 3 à 7. C'est un facteur à ne pas négliger, lorsqu'on connaît les risques de cancer liés aux particules véhiculant du benyopyrène.

Un autre élément est à évoquer. C'est le problème de l'ozone. Les grosses installations de dépoussiérage sont responsables d'une grande formation d'ozone par effluvage. Cet ozone, nous l'avons vu, est susceptible de polluer l'atmosphère (rôle dans la formation des smogs).

Enfin, la pollution par l'anhydride sulfureux reste importante. L'utilisation des fuels oils lourds à forte teneur en soufre qui sont les seuls disponibles actuellement, si elle réduit la pollution par les poussières, aggrave sensiblement la pollution par SO_2. L'anhydride sulfureux se fixant

sur les fines poussières de l'atmosphère (qui adsorbent des pourcentages compris entre 30 et 90 °/₀ des teneurs existant dans l'air) forme au contact des muqueuses et des poumons des petites goutelettes à forte acidité locale responsables des accidents connus.

Le facteur météorologique est très important. Il serait simple de connaître le degré de nuissance d'une usine si tout se bornait aux conditions thermiques (quantité de produits nocifs éliminés, valeur des filtres, rapidité d'émission, pression et température des gaz). Mais le problème n'est pas si simple et l'on constate souvent des différences importantes entre les chiffres théoriques et la réalité. Les formules établies (SUTTON) pour calculer et pour prévoir la diffusion et la dispersion ne sont valables que dans des conditions météorologiques idéales (vents faibles, turbulences réduites, gradient de température valable). La dispersion des fumées est, en effet, fortement freinée par la présence d'un plafond d'inversion dont le niveau est très variable suivant les périodes de l'année et l'état topographique des lieux. Toute fumée émise sous ce plafond d'inversion est rabattue au sol et en l'absence de vents, augmente la concentration des polluants.

Outre la pollution de l'atmosphère par les centrales, il est à remarquer que les centrales peuvent avoir une action sur l'eau des rivières. En effet, pour augmenter le rendement thermique, les centrales utilisent des condenseurs, ce qui impose des prises d'eau de réfrigération (un groupe moderne de 125.000 KW nécessite un débit de 6,6 m^3/seconde). La température de l'eau à la sortie du condenseur est suffisante pour modifier la qualité de l'eau en aval de l'usine et l'on a calculé que la perte d'eau par évaporation est de 1.000 m^3 par heure pour une centrale de 500.000 KW.

D - DEDUCTIONS

La puissance des centrales thermiques modernes est telle que la pollution de l'atmosphère reste élevée malgré les mesures prises. Le Conseil supérieur de l'Hygiène et l'Académie de Médecine devraient pouvoir faire une étude du projet d'implantation de ces centrales bien avant l'achat du terrain ou le début des travaux d'infrastructure, afin qu'ils puissent

agir efficacement. Mais ils se trouvent le plus souvent devant le fait accompli.

Il ne faut pas assimiler la lutte contre la pollution atmosphérique à la lutte contre les poussières. Les dispositifs de dépoussiérage utilisés actuellement sont très efficaces mais il reste encore une importante émission de gaz nocifs et de poussières ultrafines. La hauteur des cheminées intervient dans la dissémination des fumées, mais les tonnages de combustibles augmentant chaque jour, le tonnage de SO_2 déversé dans l'atmosphère augmente sensiblement. A moins de remplacer ces combustibles par du gaz de Lacq ou du Sahara, il n'est pas possible actuellement de supprimer l'élimination de l'anhydride sulfureux. De plus, on connaît le phénomène de "co-pollution". On peut obtenir une saturation en polluants de l'air ambiant lorsque plusieurs cheminées d'usines sont rapprochées. En période d'inversion prolongée, de brouillards, les accidents graves sont possibles bien que la teneur en SO_2 mesurée au sol soit nettement au-dessous duseuil considéré comme dangereux (constatation faite à Londres en 1952).

Non seulement les usines déversent journellement plusieurs tonnes de polluants par leurs cheminées, mais elles contribuent par le transport du matéreil, des matières premières, du personnel, à augmenter la circulation automobile urbaine.

Tout doit être tenté pour assainir l'air des villes. Seule une action d'ensemble peut avoir des chances de réussir. Il faut agir sur les foyers domestiques en les modernisant, il faut tenter de résoudre le problème de la circulation, mais il faut souhaiter aussi la décentralisation des usines. On ne peut pas tout changer en un seul jour, mais il faut éviter que de nouvelles industries, de nouvelles centrales thermiques se construisent au voisinage des villes, que certains quartiers soient classés "zone industrielle", empêchant la création d'espaces verts dans les cités.

Le zonage respectif des industries et des centres résidentiels dans des lieux suffisamment éloignés les uns des autres, avec une marge de sécurité tenant compte des vents, des zones de végétation, du relief, doit apporter la solution.

Un exemple spectaculaire de ces mesures d'urbanisme nous a été donné par les observations d'un savant soviétique (SHABAD), observations présentées au Congrès international de Royaumont.

L'étude comparative de deux villes de Sibérie : Irkoutsk et Angarsk, a montré que les concentrations de 3 - 4 benzopyrène y étaient très différentes.

Dans la ville d'Irkoutsk, où le chauffage est assuré avec des poëles anciens modèles et où les industries sont disséminées dans toute la ville, on trouve une forte teneur en benzopyrène dans les prélèvements.

Au contraire, Angarsk, ville construite depuis 14 ans seulement, a été bâtie d'une façon rationnelle. Les entreprises industrielles sont séparées de la ville par une bande forestière, le chauffage des maisons est assuré par le chauffage urbain. Les analyses n'ont décelé dans cette ville que des traces de benzopyrène et dans certains quartiers, aucune trace n'a pu être décelée.

oOo

CONCLUSIONS

La consommation d'énergie électrique croît constamment. Pour faire face à ces besoins, de nouvelles centrales thermiques doivent être créées. La pollution de l'atmosphère par ces centrales reste importante, malgré les améliorations réalisées dans les systèmes épurateurs; il est donc nécessaire d'éloigner ces usines des grands centres urbains afin que leurs inconvénients ne s'ajoutent pas à la pollution qui existe déjà dans les villes du fait des sources domestiques et de la circulation automobile.

oOo

Vu, le Président de Thèse

Professeur BOYER

Vu, le Doyen de la Faculté

Professeur G. CORDIER

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris

J. ROCHE

BIBLIOGRAPHIE

BOYER J.

Précis d'Hygiène

BOYER J. et CHAMPOLLION

Les inconvénients de la pollution de l'air dans la vie moderne.
Gazette médicale - 10 Avril 1962

BESSON, BOYER, CHAMPOLLION

Pollution de l'air et urbanisme
B.A.M. Juin-Juillet 1962

A. QUEVEAUVILLIERS

La pollution de l'atmosphère par l'industrie et la réglementation des établissements classés.
APPA Juin 1959

Communication de M. le Préfet de la Seine et de M. le Préfet de Police sur la pollution atmosphérique dans la région parisienne

1960 - Imprimerie Municipale

R. TRUHAUT

Eurotox
Presse Médicale 30 Juillet 1960

BESSON, COIN, PELLETIER

Contribution à l'étude de la pollution atmosphérique
B.A.M. 4 Décembre 1956

D. FLORENTIN

Les pollutions atmosphériques, industrielles et autres, dans la vie des grandes cités
La Technique Sanitaire et Municipale - Avril 1955

HEIM DE BAISAC et SERRUYS

Automobilisme et Salubrité
B.A.M. 1959

BESSON et FLORENTIN

De l'Hygiène et Propreté de l'Atmosphère
B.A.M. 1959

TERVER

De la pollution de l'air
B.A.M. Mars 1959

BESSON et FLORENTIN

Pollution de l'air
B.A.M. Avril 1960

HALTER

Problèmes posés par la pollution de l'air.
Arch. Belg. Méd. Soc. - Mai 1959

R. TRUHAUT

Sur les hasards de la pollution de l'air des villes
Presse Médicale - Juillet 1960

BESSON et PELLETIER

Les origines des pollutions sulfureuses
B.A.M. - 4 Octobre 1960

RONDIA

Pollution de l'air et effet sur la santé
Revue Médicale de Liège - Août 1961

SAPINJALOUSTRE

Fumées et brouillards
Concours Médical - Janvier 1961

REDING

La pollution de l'air dans les grandes villes
Rev. Path. génér. et Physio.clin. Décembre 1957

DUFRESNOY

Pollutions atmosphériques urbaines
Rev. Path. génér. et Physio. - 1958

MONCHOT

La pollution atmosphérique
Rev. Path. générale - Novembre 1958

RAYMOND

Pollution atmosphérique
Presse médicale - Avril 1962

KATZ M.

Hydrocarbures polycycliques dans la pollution de l'air
Rev. Hyg. Prof. - Octobre 1962

VERCRYSS

Estimation de la pollution par le 3-4 benzopyrène -
Arch. Belg. Méd. Soc. - Mars 1961

L'Equipement électrique de la France

Collection "Que sais-je ?" n° 59

Les Centrales thermiques

Collection "Que sais-je ?" n° 913

Pollution de l'Air et ses Méfaits

Edition médicale et scientifique Pacomhy

R. GINOCCHIO

La participation de l'EDF à la lutte contre la pollution
APPA - Décembre 1959

B. DE REIZ

Prévention de la pollution dans les Centrales EDF
APPA 1961

R. GINOCCHIO

Le dépoussièrage de la Centrale de Champagne sur Oise
APPA 1962

R. GINOCCHIO

Le dépoussièrage de la Centrale de Vaires sur Marne
APPA 1963

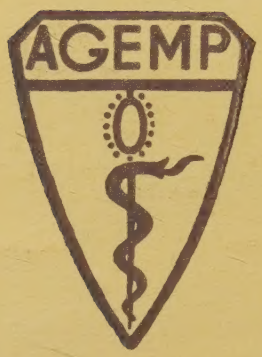
CHAMPOLLION

Rôle et importance des conditions météorologiques dans la pollution
Rev. Path. géné. - Octobre 1961

J. BOYER et MARQUEZY

Plan d'urbanisme
B.A.M. du 5 Décembre 1961

oOo



AGEMP
POLYCOPIE
8, rue Dante
PARIS-V•
Téléphone : ODÉon 58-96